千原光雄*: 本邦暖海産緑藻類の生活史に関する研究(6) フトジュズモの生活史について**

Mitsuo CHIHARA*: Studies on the life-history of the green algae in the warm seas around Japan (6) On the life-history of *Chaetomorpha spiralis* Okamura**

ジュズモ属の一種 *Chaetomorpha aerea* (Dillw.) Kütz. で Hartmann (1929) はそのすぐれた研究により，雌雄性や生活環の様式などを明らかにした。その結果現在ではジュズモ属の他の種類も恐らく *C. aerea* と同じように同型配偶で単複相の 2 相植物であろうと考えられている (Smith, 1943; etc.)。なお最近広瀬 (1954) は淡水産のミゾジュズモ *C. okamurai* Ueda で主に生殖現象を中心としたくわしい実験観察を行っている。

筆者は緑藻類の生活史解明の一環として，数年来ジュズモ属数種について天然観察と研究室内培養実験による研究を行ってきているが，そのうちの一種フトジュズモ *C. spiralis* Okamura での結果は，やはり Hartman (1929) の研究結果を裏書きするようなデータが多かった。以下この種類について生活史の大要を述べ，併せて二三の考察をなしたい。

材料と方法

実験に用いた材料は主に静岡県下田町白浜および吉佐美海岸に生育するもので，大潮時の観察と採集と併行して室内培養により生殖現象や発育過程の研究をなした。培養は Erdschreiber 液使用の場合が多かったが，また実験所前の湾内に胞子付けしたプレートを垂下培養する方法も併せ実施した。後者の場合の生育は特にいちじるしかった。なお実験はすべて静岡県下田町，東京教育大学臨海実験所で行われた。

実験と観察

(1) 藻体の消長と生殖器官

波の荒い，砂まじりの磯の潮間帯下部に生えているこの海藻の生育は年を通じていつの時季にも観察することができるが，その最も大型の体の見られるのは春→夏で，長さ 30 cm以上のものも容易に採集できる。その前後の頃は小型で，晩秋→冬は最も小さい。

生殖時期はかなり長く，確かめ得たかぎりでは遊走子形成 3-11 月，配偶子形成 6-9 月である。生殖細胞は多くの場合，大潮の初めに形成され，その後放出を見る。胞子嚢

---

* 東京教育大学下田臨海実験所，静岡県下田町．Shimoda Marine Biological Station, Shimoda, Shizuoka Pref.

** 下田臨海実験所業績 99 号

は栄養体構成細胞の変成によるもので，基部細胞を除くいずれの細胞も胞子嚢になりうる。なお特殊な形の生殖器官形成はない。一般に胞子嚢の形成は体の先端部に始まり順次基部におよぶ。この際遊走胞子を放出した部分は消失するが，残りの部分は以前と同様生長を行い，再び大潮時に胞子を形成する。フトジュズモの藻体はこの現象を数回くりかえす。

胞子嚢の形成に際しては，まず成熟するにつれて細胞内容が濃密となり，その後原形質に分化を生じ，数多くの遊走胞子ができあがる。これとほぼ時を同じくして細胞の側面にやや突起した1個（稀に2個）の放出孔ができる。まもなく遊走胞子は胞子嚢内で遊泳し始め，放出孔から遊出する*。

なお遊出の機会を失ったと考えられる遊走胞子もかなり観察されるが，遊走子，配偶子共初期においてはそれらの発芽は正常である。

(2)　配偶子とその接合

配偶子は西洋梨型で先端の Kinoplasm の基部から長さ約15μの2本の鞭毛が出ている。体の大きさは 7.5-8.5×4.5-6.0μ で，体内に1眼点と数個の葉緑体およびピレノイドをもっている。遊泳に際しては強い正の走光性を示す (Fig. 1, A)。

性を異にする藻体間で，放出直後の配偶子の交配実験によると容易に接合現象を見ることができる。接合の様式はミゾジュズモで広瀬(1954)が詳細に観察したように先端×先端，先端×側部等のさまざまなものが見られる (Fig. 1, B)。しかし広瀬(1954)が報告したような，1胞子嚢内での接合現象は確認することができなかった。

接合子の多くは回転するような遊泳で，負の走光性を示しながら器底または暗所に着生する。その後発芽は直ちに開始される。接合子には2眼点が明瞭に観察される (Fig. 1, C) なお配偶子はすべて単為発芽能力をもっている。

(3)　遊　走　子

遊走子の性質形状等は，さきに Rosenvinge (1892), Hartmann (1929) および広瀬 (1954) 等が報告したものとよく一致する。すなわち配偶子とよく似ているが，より大型で 10—12.5×5.5—7.0μ, 体の先端に4本の鞭毛をもっている (Fig. 1, I)。遊泳時間は配偶子のそれより大変短い。体内には1眼点をもち走光性は正であるが接合はしない。数十個の藻体から放出された遊走子を同一器内で混じた場合でも，着生胞子に2眼点のあるものは全く見られない。

(4)　接合子および遊走子の発芽

両者の発芽の様子は先に筆者が報告したタマゴバロニア(1953)やアオモグサ(1954)の場合とかなり似ている。まず着生胞子の下部に発芽突起ができる。この部分は一般に遊泳時に先端であった場合が多い。突起部は基質と密に接しながら漸次盤状に拡大して附

---

* 本誌 **30**(15)：15 で筆者は「胞子嚢形成に際して網目模様を作るもの」として，幾つかの種類を列挙したが，その中のフトジュズモは誤りであったので削除する。

着の役目を果す (Fig. 1, D, E, J)。この部分にはほとんど葉緑体は認められない。一方原胞子の部分は基質とは逆の方向に，すなわち上方へ向って徐々に容積を増しながら伸長し，一見棍棒状の発生体となる (Fig. 1, E, K, L)。眼点は数日中に消失するのが普通である。直立部に満ちている葉緑体は発芽初期にはいまだ定形をしていないが，後に糸状部分で互に網目状に連絡された角型の平板状体となる (Fig. 1, K, L)。この棍棒状の直立した発生体は Siphonocladales における，いわゆる Primary vesicle に相当するものであるが，しかしバロニアやアオモグサに見られる基部に近い部分の隔壁形成は決してない。

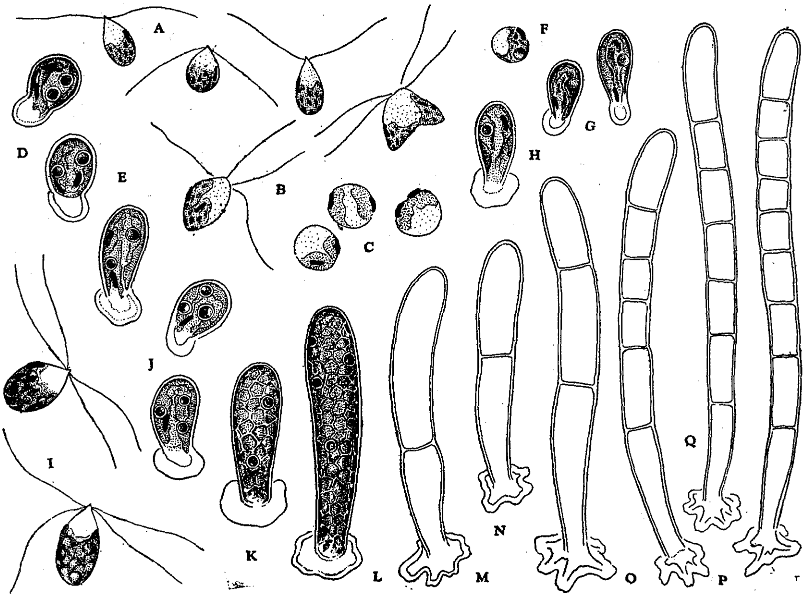

Fig. 1. *Chaetomorpha spiralis* A. Gametes. B. Conjugation of isogametes. D. Zygotes. D.-E. Germination of zygotes. F.-H. Parthenogenetic germination of gametes. I. Zoospores. J. Germination of zoospores. K.-R. Successive stages in early developmen (A.-J.×1000, K.L.×400, M.-O.×280, P.-R.×160)

なお発生初期において附着部が盤状に拡大しないで単は糸状に伸長するものも見られるが，この発生体は培養条件の不良と考えられる場合に出現するもので，異常型と考えられる (Fig. 2)。

発生体は培養により 10 細胞以上にすることができたが，いまだ成熟させるまでに至らない。室内培養によると発生体は少なくとも 3 年以上は生存する (1953年 7 月 2 日 1956年 9 月10日)。

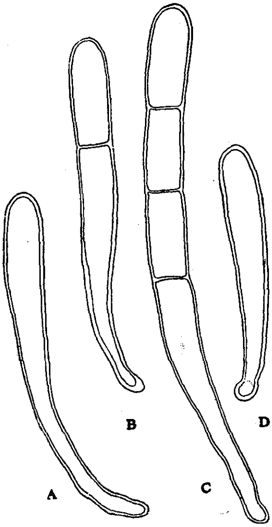

Fig. 2. Abnormal development of *Chaetomorpha spiralis* under poor culture condition. Attachment shows filamentous. (×280)

なお両性の配偶子共，単為発芽の能力をもっている。その発芽の様式は接合子および遊走子の場合と同じである(Fig. 1, F, G, H)。

考　察

Hartmann (1929) は *Chaetomorpha aerea* で雌雄異株・同型配偶であることおよびその生活環は肉眼的に全く区別のつかない有性体と無性体の交互の循環であることを明らかにした。今回の筆者の実験結果は，この点に関しよく一致したものであるといえる。

なおしばしばシオグサ属 *Cladophora* のある種およびその他で知られているように二つの世代が季節的であるという現象はフトジュズモでは存在しない。

次に発生型式について考察してみる。観察の項で述べたように初期の発生体は盤状の附着部と棍棒状の直立部からなっており，一見してバロニアやアオモグサのそれらと似ている。ところでジュズモ属の所属するシオグサ科は Order Siphonocladales から分離して Order Cladophorales を構成するグループであるという考え方があるが (West, 1904; Fritsch 1935; Smith, 1938; Börgesen, 1949; Egerod, 1952; Papenfuss, 1955), その根拠の一つとしてシオグサ科における Primary vesicle の欠除が挙げられている。この意見には Feldmann (1938) および Chapman (1954, 1954 A) 等の反対もある。Chapman はニュージーランド産のある種の *Chaetomorpha* (特に *C. darwinii*) の basal cell は，ニュージーランド産の *Microdictyon* (特に *M. mutabilis*) や *Cladophoropsis* に見られるものと関連があり，それらは更に *Boodlea*, *Siphonocladus*, *Dictyosphaeria* および *Valonia* の諸属の Primary vesicle と関連のあることを強調している。筆者はシオグサ科のネダシグサ属，ジュズモ属およびシオグサ属の幾つかの種類，ウキオリソウ科のウキオリソウとアミモヨウ，および Siphonocladales のタマゴバロニア，オオバロニア，アオモグサ，サイノメアミハ，キツネノオ等の初期発生体の観察結果から考察して Chapman の上述の意見には賛成する。そしてフトジュズモ等に見られる棍棒状の初期発生体は Siphonocladales のいわゆる Primary vesicle と近い関連を示しているものと考える (第3図参照)。

しかしここで注意しなければならないことは，上述のように両者の嚢状発生体には明瞭な一つのちがいの存在することである。すなわちバロニアやアオモグサの嚢状直立発生体には基部に近く，1個の隔壁が作られるに反し，フトジュズモ等では決して形成さ

れないという事実である。これは重要な特性と思われる。Chapman はこの点に関して何等の論及をしていないが，これは明らかに手落ちであろう。

さて次に培養条件の不良の場合に見られる糸状の附着部をもった異常型の発生体について考察してみよう。元来発生初期において附着部の盤状である種類が環境の不良の場合に糸状となる例はフトジュズモ以外に，シオグサ科のシオグサ属，ネダシグサ属の幾つかの種類でも広く見られるものである。なおバロニアやアオモグサでも同様な事実が観察される。ところで興味あることにはチャシオグサ，ミゾジュズモ，ウキオリソウおよびアミモヨウ等は正常発生において糸状の附着部をもち，フトジュズモ等の異常発生型とよく似た様子を示す。

このように考えると盤状根直立型は一方において隔壁をもつ盤状根直立型と，そして他方において糸状根直立型とそれぞれ関連をもっているように思える。そこで筆者は今までに Siphonocladales（シオグサ科，ウキオリソウ科を含む）で観察された初期発生型式を大別して三つとし，それぞれの異常型をも考慮して型の関連を，一つの仮説として第3図Dのように考えた。

終りに御指導と御校閲を賜わった九大・瀬川宗吉博士に御礼申上げる。また教育大・伊藤洋，三輪知雄両教授および東大・新崎盛敏博士に謝意を表す。

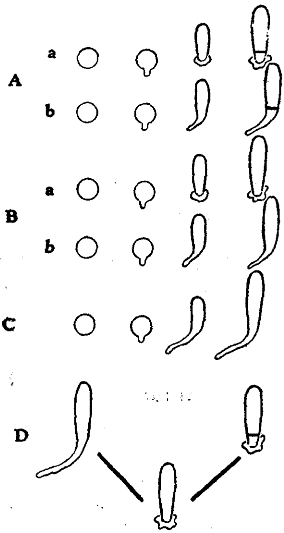

Fig. 3. Various types of early development of the members belonging to the Siphonocladales (A.B.C.) and their interrelationship (D). A. *Valonia macrophysa*, *V. ventricosa*, *V. utricularis*, *Boodlea coacta*, *Struvea delicatula*, *Spongocladia vaucheriaeformis* (=*Cladophoropsis* sp.), etc. B. *Chaetomorpha spiralis*, *C.* sp, *Cladophora* spp., *Rhizoclonium* sp., etc. C. *Anadyomene wrightii*, *Microdictyon japonicum*, *Cladophora wrightiana*, *Chaetomorpha okamurai*, etc. (a) nomal development. (b) abnormal development. D. Diagram representation of the probable interrelationship of the type of early development in the Siphonocladales.

Résumé

Details are given of the reproduction, development and life-history of *Chaetomorpha spiralis* Okamura. Field and laboratory culture experiments have been made in the seaside laboratory of our University at Shimoda and in its vicinities.

In the sandy place exposed to rough waves, *Chaetomorpha spiralis* is a common alga in the lower littoral belt where it occurs on rocks or as an epiphyte on other plants which it closely twines round.

The plant grows through the whole year, but it shows more luxuriance in the summer month than the winter month. The asexual zoid is formed during the almost

growing season exclusive of the winter month, in the period of which the plant is small and poor, whereas the sexual zoid formation occurs during the summer month only.

Each vegetative segment evolves directly to a sporangium without changing form and the sporangium gives rise to a large number of zoids, pyriform in shape with one eye-spot, which escape through an opening which is made by a dissolution of the cell wall at one point or rarely two points of the lateral wall of segment.

The gamete, measuring 7.5–8.5×4.5–6.0 μ, possesses two flagella of equal length in the anterior end and several chloroplasts and pyrenoids in the rounded posterior part. It swims vividly showing a tendency to the positive phototaxis. Union of isogametes results in a quadriflagellate and two eye-spots-bering zygote, the movement of which is slowly and shows a negative phototaxis.

Though the appearance and behaviour of zoospore bear resemblance to those of the gamete, it is far biggar than the gamete and has four flagella. No conjugation of the zoospore is observable in any case.

Both zygote and zoospore germinate in the manner of the "discal erect type" proposed by Inoh (1947) and each produces a new filament. The parthenogenetic germination of the gamete is also observed in the same way as that of the zygote.

Judging from the above-mentioned observations *Chaetomorpha spiralis* is dioecious and isogamous, and in its life-cycle, as that of *C. aerea* (Hartmann, 1929), there is an alternation of two generations, the diploid sporophyte and haploid gametophyte, are morphologically similar and indistinguishable from each other in sterile condition.

One-celled germling of *Chaetomorpha spiralis* which is clavate in shape with discoid holdfast makes us think that it has close connection with the primary vesicle of some septate coenocytic algae, such as *Valonia*, *Boodlea*, *Struvea*, *Siphonocladus*, and etc.

When culture condition is unwell, the holdfast of germling is slender (abnormal development) (Fig. 2).

As the result of the comparative study on the type of early development of the members belonging to the Siphonocladales, the writer intends to classify these types into three and to analyse their affinities as shown in Figure 3.

引用文献

1) Boergesen, F. K. Danske Vidensk. Selsk. Biol. Meddel. **20** (1948). 2) Chapman, V. J. Bull. Torrey Bot. Club, **81** (1954). 3) ———— 8ᵉ Congress Intern. Bot. sec.

17 (1954 A). 4) Egerod, L. E. Univ. Calif. Publ. Bot. **25** (1952). 5) Feldmann, J. Rev. Gen. Bot. **50** (1938). 6) Fritsch, F. E. Journ. Indian Bot. Soc. M. O. P. Iyengar Commemoration Vol. (1946). 7) ———, 8^e Congress Intern. Bot. sec. **17** (1954). 8) Hartmann, M. Ber. Deutsch. Bot. Ges. **47** (1929). 9) Hirose, H. Cytologia, **19** (1954). 10) 猪野俊平, 海藻の発生 (1947). 11) Oltmanns, F. Morphologie und Biologie der Algen, **1** (1922). 12) Papenfuss, G. F. A century of progress in the natural sciences, 1853-1953 (1955). 13) Rosenvinge, L. K. Bot. Tidskr. **18** (1892).

○ムラサキケマンとセンボンヤリの白花品（檜山庫三） Kōzō HIYAMA: Two new white-flowered forms.

純白花のムラサキケマン　シロヤブケマン (*Corydalis incisa* Pers. forma *pallescens* Makino) の名で呼ばれているものは花の先端にわずかながら紅紫色の部分が残っているものであって，決して純白ではないが，武州秩父の大血川口で関根好次氏が 1958 年 5 月 3 日に採集されたものは花が純白であった。茎や葉も鮮緑色で，少しも紅紫色をおびたところがない。これは，諸所でよく見られるシロヤブケマンと違って稀であるが，これをユキヤブケマン（関根氏命名）と呼びたい。

白花のセンボンヤリ　センボンヤリ（ムラサキタンポポ）の頭花は舌状花冠の外面（時に内面も）が紅紫か淡紅紫色であるのを常とするが，これにも稀に純白花品があって，武州秩父の太陽寺山門前で 1958 年 5 月 3 日に清末忠人氏が採集された。そこには白花品の小さな群が見られたという。これをシロバナセンボンヤリ（清末氏命名）と称する。なお，その後，松沢篤郎氏が 1958 年 4 月に上州邑楽郡旧永楽村でも，この白花品を採集されていることを知った。

Corydalis incisa (Thunb.) Pers. forma **candida** Hiyama, nov. f.

Flores candidissimi.—Nom. Jap. Yuki-yabukeman (Y. Sekine).

Hab. Hondo: Ochigawaguchi, Chichibu, Prov. Musashi (Y. Sekine—May 3, 1958—type in herb. Nation. Sci. Mus. Tokyo).

Leibnitzia Anandria (L.) Nakai in Journ. Jap. Bot. **13**: 852 (1937).

forma **albiflora** Hiyama, nov. f.

Flores radii candidi.—Nom. Jap. Shirobana-senbonyari (T. Kiyosue).

Hab. Hondo: near Taiyōji Temple, Chichibu, Prov. Musashi (T. Kiyosue—May 3, 1958—type in herb. Nation. Sci. Mus. Tokyo).